

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-339508

(43) 公開日 平成8年(1996)12月24日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 5/31		9058-5D	G 1 1 B 5/31	E
		9058-5D		A

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-147548

(22) 出願日 平成7年(1995)6月14日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 大橋 啓之

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 浦井 治雄

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 斉藤 信作

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

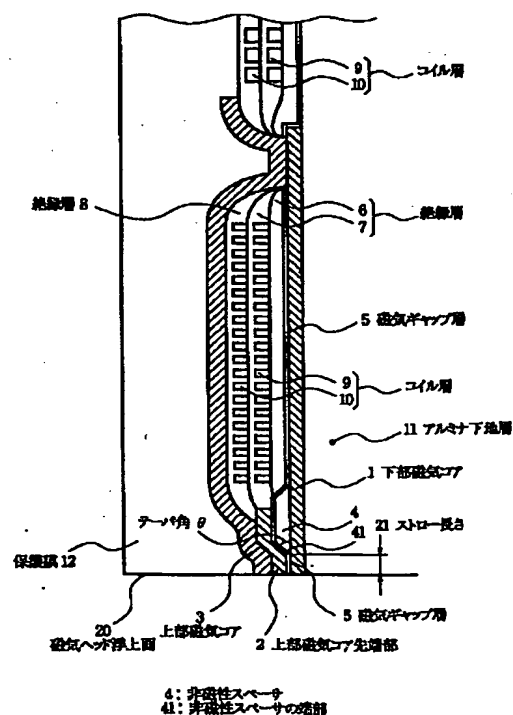
(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法ならびに磁気記憶装

置

(57) 【要約】

【目的】 磁気コアを絶縁膜の熱分解温度よりも高い温度で熱処理することにより、優れた特性の薄膜磁気ヘッドおよびこれを用いた磁気記憶装置を得る。

【構成】 上部磁気コア先端部2は、磁気ヘッド浮上面20からスロット長さ21の部分を経由して非磁性スペーサ4の上まで延びる。下部磁気コア1と上部磁気コア先端部2は成膜後400～600℃で熱処理された高飽和磁束密度のFe-Ta-N膜である。Fe-Ta-N膜の熱処理は高分子膜である絶縁層6、7、8およびパーマロイ膜である上部磁気コア3の形成より前に行う。これにより、絶縁層6、7、8の形成前に絶縁層の熱分解温度よりも高温でFe-Ta-N膜を熱処理することを可能にし、優れた特性の軟磁性膜と高分子絶縁膜とを備えた薄膜磁気ヘッドを提供でき、また、この薄膜磁気ヘッドと高保磁力の磁気記録媒体とを組み合わせることにより、高記録密度の磁気記憶装置を提供できる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 温度  $T_1$  で熱処理した飽和磁束密度  $B_{s1}$  の磁性膜  $A_1$  と、温度  $T_2$  で熱処理した飽和磁束密度  $B_{s2}$  の磁性膜  $A_2$  (ただし、 $T_2 < T_1$ ,  $B_{s2} < B_{s1}$ ) と、厚さ  $1 \mu\text{m}$  以下の非磁性ギャップ層と、薄膜コイルパターンと、高分子膜よりなる絶縁層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記磁性膜  $A_1$  が前記非磁性ギャップ層の下部と上部とに存在し、かつ前記高分子膜絶縁層の上部には前記磁性膜  $A_2$  のみが直接もしくは非磁性ギャップ層を介して存在し、かつ前記磁性膜  $A_1$  と前記磁性膜  $A_2$  とが直接もしくは前記非磁性ギャップ層を介して接続していることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 前記熱処理温度  $T_1$  が前記絶縁層の熱分解温度よりも高いことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 磁気ヘッド浮上面の奥で前記非磁性ギャップ層を介して対抗する上下 2 つの前記磁性膜  $A_1$  の間に、厚さ  $1 \mu\text{m}$  以上の無機物よりなる非磁性スペーサを有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 前記磁性膜  $A_1$  と前記磁性膜  $A_2$  との接続面積が、前記磁性膜  $A_2$  の信号磁束が流れる方向に直交する断面における最小断面積よりも大きいことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 前記磁性膜  $A_1$  が、 $X = \{\text{Fe}, \text{Co}\}$ ,  $Y = \{\text{Ta}, \text{Zr}, \text{Nb}, \text{Al}\}$  および  $Z = \{\text{N}, \text{C}\}$  の三元素を含む  $X-Y-Z$  三元系合金、もしくは四元系以上の合金であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 前記磁性膜  $A_2$  が、 $\text{Ni-Fe}$  (パーマロイ) もしくは  $\text{Ni-Fe}$  (パーマロイ) 系多元合金、または  $\text{Co}$  系アモルファス合金であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 7】 請求項 1 から 7 のいずれか 1 項記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、前記磁性膜  $A_1$  の熱処理後に前記高分子絶縁層および前記磁性膜  $A_2$  を形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 8】 請求項 1 から 7 のいずれか 1 項記載の薄膜磁気ヘッドと、保磁力  $2500$  エルステッド以上の磁気記録媒体とを備え、前記薄膜磁気ヘッドの浮上隙間を  $0.03 \mu\text{m}$  以上としたことを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項 9】 請求項 1 から 7 のいずれか 1 項記載の薄膜磁気ヘッドと、保磁力  $2200$  エルステッド以上の磁気記録媒体とを備え、前記薄膜磁気ヘッドの浮上隙間を  $0.07 \mu\text{m}$  以上としたことを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項 10】 請求項 1 から 7 のいずれか 1 項記載の

2

薄膜磁気ヘッドと、保磁力  $2800$  エルステッド以上の磁気記録媒体とを備えることを特徴とする磁気記憶装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法、ならびこの薄膜磁気ヘッドを用いた磁気記憶装置に関し、特にコンピュータ用磁気記憶装置に用いる薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、この種の薄膜磁気ヘッドは、磁気コア材料として主に電気めっき法で作られたパーマロイ膜が多く使用されている。しかしながら、今後磁気ヘッドにさらに高密度記録が可能な高保磁力の磁気記録媒体への書き込み能力を持たせるためには、磁気コア材料としてパーマロイの飽和磁束密度 ( $0.8 \sim 1.0 \text{ T}$ ) よりも大きい磁束密度を有するものを採用する必要がある。

【0003】 磁気記録密度の上限を決める要因の一つである磁気記録媒体の磁化遷移長は、磁気記録媒体の記録点が磁気ヘッドのギャップから遠ざかるときの磁界および磁界勾配に依存する。したがって、記録密度を上げるためにコア材料に要求されることは、少なくとも上部磁気コア (磁気ヘッド後端側) の先端部だけは高飽和磁束密度にすることである。

【0004】 図 4 は、高飽和磁束密度磁性膜を用いた従来の薄膜磁気ヘッドの一例を示す断面図である。

【0005】 図 4 を参照すると、従来の薄膜磁気ヘッドは、アルミナ下地層 111 に接してパーマロイ膜からなる下部磁気コア 31 と、パーマロイより高い飽和磁束密度を有する磁性膜からなる下部磁気コア先端部 32 とがあり、これらの上に非磁性体である磁気ギャップ 5、および導体コイル層 9、10 が配置される。磁気ギャップ 5 は、上部磁気コア先端部 33 と下部磁気コア先端部 32 との間に  $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$  程度の磁気的な隙間を形成することにより、書き込み時には記録磁界を発生し、読み出し時には媒体からの信号磁束を磁気コアに導入する。

【0006】 次に、導体コイル層 9、10 は、周知のパターンめっき法で形成され、材料としては  $\text{Cu}$  が用いられる。絶縁層 6、7、8 は、ベーキングしたフォトレジストのパターンで形成された高分子膜である。そして、導体コイル層 9、10 は、絶縁層 6、7、8 で囲まれる。絶縁層 8 の上には高飽和磁束密度磁性膜からなる上部磁気コア先端部 33 とパーマロイからなる上部磁気コア 34 とが配置され、下部磁気コア 31 と下部磁気コア先端部 32 とともに、導体コイル層 9、10 と鎖交する磁気回路を形成する。このようにして構成された薄膜磁気ヘッド素子はアルミナの保護膜 12 で覆われる。

3

【0007】上述した構成により高飽和磁束密度磁性膜を磁気コアの一部に用いた薄膜ヘッドに関する発明として、例えば、特開平3-144907号公報には、磁気ギャップの磁気記録媒体側に面する磁気コア層に、Ni-Fe膜のバックコア部分より高飽和磁束密度である軟磁性膜を用いる技術が開示されている。これによると、高飽和磁束密度軟磁性膜としてFe-Co-Ni三元系合金またはFe-Co-Ni-Cr四元系合金をめっき法で形成している。

【0008】また、他の例として、例えば、特開平3-029104号公報には、上部磁極もしくは下部磁極に非晶質合金もしくは多層磁性合金からなる2層の積層膜を用い、磁気記録媒体との対抗面には高飽和磁束密度の部材のみを露出させる技術が開示されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】これらの従来の薄膜磁気ヘッドにおいては、絶縁層にベーキングしたフォトレジスト等の高分子膜を用いることから、この高分子膜の熱分解を防ぐため、上部磁気コア先端部に用いることのできる磁性材料および製造方法が限定されるという欠点がある。

【0010】ベーキングにより架橋したフォトレジストは優れた絶縁膜になるが、300℃以上になると熱分解の程度が激しくなる。したがって、絶縁膜形成後に成膜する上部磁気コアに対しては、300℃以上の温度による熱処理は困難である。また、フォトレジストの代わりに、適切なポリイミド高分子膜を用いると、熱分解温度は上昇するが、その場合でも400℃以上になると熱分解を起こす。

【0011】このような熱分解を避けるためには、絶縁層材料としてベーキングしたフォトレジストの代わりに、アルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)などの無機材料を用いることも考えられる。しかしながら、この場合には、数μm~20数μmの厚さの無機材料をパターンニングしなければならず、ベーキングしたフォトレジストを用いた場合に比べて製造が困難になるという欠点がある。

【0012】一方、軟磁性材料の多くは、適切な熱処理を行うことによって初めて優れた軟磁気特性を得ることができる場合が多い。例えば、Fe-Ta-N、Fe-Ta-Cなどの鉄系微結晶材料の膜において、飽和磁束密度1.5~1.8T、比透磁率3000~6000という優れた軟磁気特性を引き出すには、400℃以上で熱処理を行う必要がある。しかしながら、従来の高分子絶縁層を持つ薄膜磁気ヘッドにおいては、400℃以上での熱処理が不可能なため、磁気コア材料としてこれらの軟磁性膜を用いても優れた軟磁気特性を十分に引き出すことはできない。

【0013】本発明の目的は、上述した欠点を解決し、高分子絶縁膜の形成前に高分子絶縁膜の熱分解温度よりも高温で高飽和磁束密度の軟質磁性膜を熱処理すること

4

を可能にし、優れた特性を有する軟磁性膜と高分子絶縁膜とを備えた薄膜磁気ヘッド、およびこの薄膜磁気ヘッドを用いた磁気記憶装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、温度T<sub>1</sub>で熱処理した飽和磁束密度B<sub>s1</sub>の磁性膜A<sub>1</sub>と、温度T<sub>2</sub>で熱処理した飽和磁束密度B<sub>s2</sub>の磁性膜A<sub>2</sub>（ただし、T<sub>2</sub><T<sub>1</sub>、B<sub>s2</sub><B<sub>s1</sub>）と、厚さ1μm以下の非磁性ギャップ層と、薄膜コイルパターンと、高分子膜よりなる絶縁層とを有する薄膜磁気ヘッドにおいて、前記磁性膜A<sub>1</sub>が前記非磁性ギャップ層の下部と上部とに存在し、かつ前記高分子膜絶縁層の上部には前記磁性膜A<sub>2</sub>のみが直接もしくは非磁性ギャップ層を介して存在し、かつ前記磁性膜A<sub>1</sub>と前記磁性膜A<sub>2</sub>とが直接もしくは前記非磁性ギャップ層を介して接続していることを特徴とする。

【0015】また、前記熱処理温度T<sub>1</sub>が前記絶縁層の熱分解温度よりも高いことを特徴とし、磁気ヘッド浮上面の奥で前記非磁性ギャップ層を介して対抗する上下2つの前記磁性膜A<sub>1</sub>の間に、厚さ1μm以上の無機物よりなる非磁性スペーサを有することを特徴とし、前記磁性膜A<sub>1</sub>と前記磁性膜A<sub>2</sub>との接続面積が、前記磁性膜A<sub>2</sub>の信号磁束が流れる方向に直交する断面における最小断面積よりも大きいことを特徴とする。

【0016】そして、前記磁性膜A<sub>1</sub>が、X={Fe, Co}, Y={Ta, Zr, Nb, Al}およびZ={N, C}の三元素を含むX-Y-Z三元系合金、もしくは四元系以上の合金であってもよく、また、前記磁性膜A<sub>2</sub>が、Ni-Fe（パーマロイ）もしくはNi-Fe（パーマロイ）系多元合金、またはCo系アモルファス合金であってもよく、これらの薄膜磁気ヘッドは前記磁性膜A<sub>1</sub>の熱処理後に前記高分子絶縁層および前記磁性膜A<sub>2</sub>を形成することを特徴とする。

【0017】さらに、磁気記憶装置として、これらの薄膜磁気ヘッドと保磁力2500エルステッド以上の磁気記録媒体とを備え、前記薄膜磁気ヘッドの浮上隙間を0.03μm以上とする。もしくは薄膜磁気ヘッドと保磁力2200エルステッド以上の磁気記録媒体とを備え、前記薄膜磁気ヘッドの浮上隙間を0.07μm以上とする。もしくは薄膜磁気ヘッドと保磁力2800エルステッド以上の磁気記録媒体とを備えてもよい。

【0018】

【実施例】次に、本発明について図面を参照して説明する。

【0019】図1は、本発明の第1の実施例を示す断面図である。図1を参照すると、第1の実施例は、成膜後400~600℃で熱処理されたFe-Ta-N膜からなる高飽和磁束密度の下部磁気コア1が、アルミナ下地層11に接して設けられている。この下部磁気コア1の膜厚は2~4μmである。また、下部磁気コア1に接し

5

て磁気ギャップ層5が設けられており、さらに、下部磁気コア1と磁気ギャップ層5との間には非磁性スペーサ4が設けられている。

【0020】非磁性スペーサ4は、磁気ヘッド浮上面20からスロート長さ21の距離だけ離れた箇所から5～25 $\mu$ m程度の長さで奥に延びている。この非磁性スペーサ4はスパッタ成膜したアルミナを用いる。この非磁性スペーサ4の膜厚は1～4 $\mu$ mであり、下部磁気コア1と上部磁気コア先端部2との間隔を広げ、その間の磁束の漏洩を減らすことにより磁束効率を高めている。

【0021】なお、上部磁気コア先端部2が急激な段差を持って磁気特性が劣化することのないように、非磁性スペーサの端部41にはテーパを設けてある。このテーパ角 $\theta$ は60°以下であることが好ましく、さらには、テーパ角 $\theta$ が45°以下であることがより好ましい。

【0022】上部磁気コア先端部2は、磁気ヘッド浮上面20からスロート長さ21部分を経由して非磁性スペーサ4の上まで延びている。この上部磁気コア先端部2は、成膜後400～600℃で熱処理された高飽和磁束密度のFe-Ta-N膜をパターンニングしたものであり、その膜厚は2～4 $\mu$ mである。

【0023】下部磁気コア1および上部磁気コア先端部2に用いるFe-Ta-N膜の熱処理は同時に行ってもよいが、絶縁層6、7、8の形成より前に行う必要がある。これは、絶縁層材料として200～300℃でベーキングすることにより、架橋させたフォトリソグのパターンを用いており、この材料は300℃以上の熱処理では熱分解するという理由に基づくものである。

【0024】次に、上部磁気コア先端部2と最上部の絶縁層8とに接して上部磁気コア3が置かれる。上部磁気コア先端部2と上部磁気コア3とが接する面は、周知のパターンめっき技術で形成されたパーマロイ膜パターンである。このパーマロイ膜パターンは300℃以下の磁界中熱処理により十分安定な高透磁率特性（比透磁率>2000）を示す。また、上部磁気コア3の膜厚は3～6 $\mu$ mであり、上部磁気コア先端部2より厚くなっている。

【0025】パーマロイ膜の飽和磁束密度（0.8～1.0T）は、Fe-Ta-N膜よりも小さいが、この膜厚を厚くすることにより上部磁気コア3における磁気飽和を避けることができる。また、上部磁気コア先端部2と上部磁気コア3との接続部における信号磁束の漏洩をなくするため、接続部の長さは上部磁気コア先端部2および上部磁気コア3の膜厚よりも大きくする必要がある。

【0026】なお、下部磁気コア1および上部磁気コア先端部2に用いる高飽和磁束密度膜材料としては、Fe-Ta-N膜だけでなくFe-Ta-C膜、Fe-Zr-N膜など絶縁膜の熱分解温度以上の熱処理で優れた軟磁気特性を示す鉄系微結晶膜材料を用いることで同様の

6

効果が得られる。

【0027】一般に、 $X = \{Fe, Co\}$ 、 $Y = \{Ta, Zr, Nb, Al\}$ 、 $Z = \{N, C\}$ を含むX-Y-Z多元系で、熱処理により優れた軟磁気特性が得られる微結晶膜材料を用いれば、同様の効果が得られる（ここに、X、Y、Zは（ ）内の1種類以上の元素を表す）。

【0028】さらに、下部磁気コア1および上部磁気コア先端部2の材料として、鉄系微結晶材料に限らず、高分子絶縁膜の熱分解温度よりも高い温度による熱処理で軟磁気特性を改善できるような材料を用いれば、上述と同様の効果が得られることは自明である。

【0029】また、上部磁気コア3の材料としては、パーマロイめっき膜に限らず、高分子絶縁膜の熱分解温度よりも低い熱処理温度で優れた軟磁気特性が得られるパーマロイ以外のめっき膜や、スパッタ法で作成したCo系アモルファス膜材料を用いても、同様の効果が得られる。

【0030】次に、本発明の第2の実施例について説明する。

【0031】図2は、本発明の第2の実施例を示す断面図である。第2の実施例は、上部磁気コア103以外は第1の実施例と同一の構成であり、説明の重複を避けるため上部磁気コア103の構造についてのみを説明し、他については省略する。

【0032】図2を参照すると、第2の実施例では、Fe-Ta-N膜で形成された上部磁気コア103の端部30は、磁気ヘッド浮上面20より5～15 $\mu$ m程度奥に存在する。この構成では、磁気ヘッド浮上面20に飽和磁束密度の低いパーマロイ膜が露出しないので、書き込み時の磁界勾配が、第1の実施例の場合に比べて鋭くなる。したがって、より高密度記録に適した薄膜磁気ヘッドが得られる。

【0033】なお、この場合も上部磁気コア先端部2と上部磁気コア103の接続部における信号磁束の漏洩をなくするため、接続部の長さは上部磁気コア先端部2および上部磁気コア103の膜厚より厚くする必要がある。

【0034】次に、本発明の第3の実施例について説明する。

【0035】図3は、本発明の第3の実施例を示す断面図である。図3を参照すると、第3の実施例は、高出力化のためにコイル層9、10以外に、絶縁層60により絶縁された3層目のコイル70を備えている。

【0036】また、第3の実施例では、アルミナ下地層110に深さ1～4 $\mu$ mの凹部40が設けられている。この凹部40の端部におけるテーパ角 $\theta$ は、60°以下であることが好ましい。また、下部磁気コア101は、この凹部40を跨ぐ形で形成されることにより、それ自体が凹部を有しており、テーパ角 $\theta$ が60°以上になると下部磁気コア101の軟磁気特性の劣化が顕著になる。

7

【0037】非磁性スペーサ104は、下部磁気コア101の凹部を埋める形にアルミナ膜で形成される。そして、丁度下部磁気コア101の凹部だけを埋めるような非磁性スペーサ104を形成するためには、凹部40の深さよりも若干厚いアルミナ膜をスパッタ成膜した後で表面を平坦化する。この表面の平坦化には、周知の錫

(Sn)系定盤と砥粒とを用いたラッピング(研磨)技術、もしくは高分子膜を用いたエッチバック技術等を用いることにより、磁気ギャップ層105の表面をほぼ平坦にすることができる。

【0038】なお、第3の実施例においては、上部磁気コア先端部102のFe-Ta-N膜をスパッタ成膜する際に、バックギャップ部での下部磁気コア101と上部磁気コア3の接続部50も同時にFe-Ta-Nでスパッタ成膜を行う。これにより、上部磁気コア3の段差を減らして、上部磁気コア3のパターン内組成変動等による磁気特性の劣化を防いでいる。

【0039】また、この例からも判るように、本発明はコイルの層数とは無関係に適用できる。すなわち、4層のコイルを有する薄膜磁気ヘッドや、1層コイルの薄膜

磁気ヘッドに対しても当然適用できる。

【0040】上述した各実施例で説明した構造および製造方法により提供する薄膜磁気ヘッドの磁気コアは、パーマロイのみで製造された磁気コアに比べ、飽和磁束密度と透磁率が高い。したがって、これらの薄膜磁気ヘッドと高保磁力の磁気記録媒体と組み合わせることにより、高記録密度の磁気記憶装置を実現できる。例えば、Fe-Ta-N膜を用いた薄膜磁気ヘッドは、書き込み磁界強度がパーマロイのみの薄膜磁気ヘッドの約1.5倍になる。

【0041】これにより、薄膜磁気ヘッドの浮上隙間を0.03 $\mu$ m以上に保って高い信頼性を確保しつつ、保磁力2500エルステッドという大きな値の磁気記録媒体に対して情報を書き込むことができる。また、薄膜磁気ヘッドの浮上隙間を0.07 $\mu$ m以上に保ちながら、保磁力2200エルステッドという大きな値の磁気記録媒体に対しても情報を書き込むことができる。そして、さらに浮上隙間を小さくしてコンタクトレコーディング(接触記録)を行えば、保磁力2800エルステッド以上の磁気記録媒体にも情報の書き込みが可能であり、高性能な磁気記憶装置を提供できる。

【0042】

8

【発明の効果】以上説明したように、本発明の薄膜磁気ヘッドは、上部磁気コアが層の構成上、高分子絶縁膜よりも下に配置するような構造およびその製造方法を提供することにより、高分子絶縁膜の形成前に、高分子絶縁膜の熱分解温度よりも高温で高飽和磁束密度軟質磁性膜を熱処理することを可能にし、優れた特性の軟磁性膜と高分子絶縁膜とを備えた薄膜磁気ヘッドが提供できるとともに、この薄膜磁気ヘッドと高保磁力の磁気記録媒体とを組み合わせることにより、高記録密度の磁気記憶装置を提供できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示す断面図である。

【図2】本発明の第2の実施例を示す断面図である。

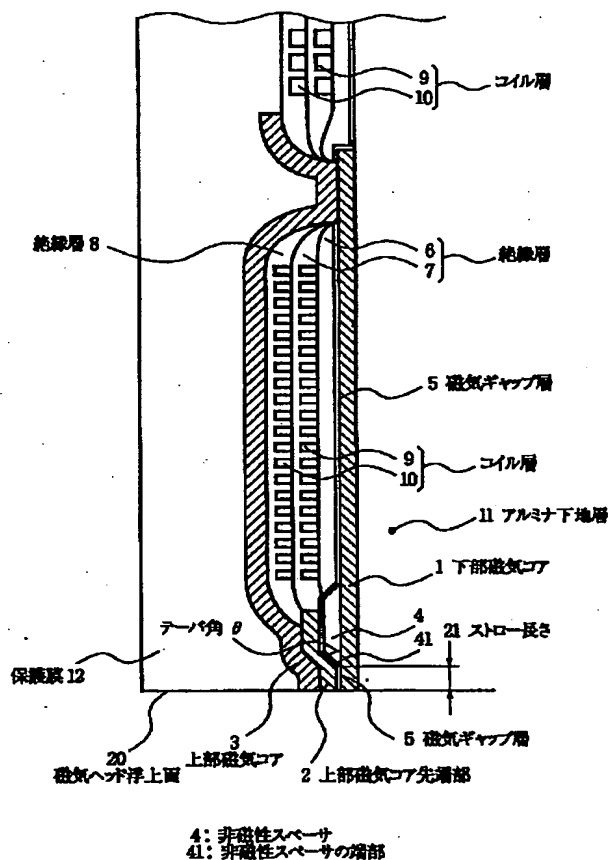
【図3】本発明の第3の実施例を示す断面図である。

【図4】従来例を示す断面図である。

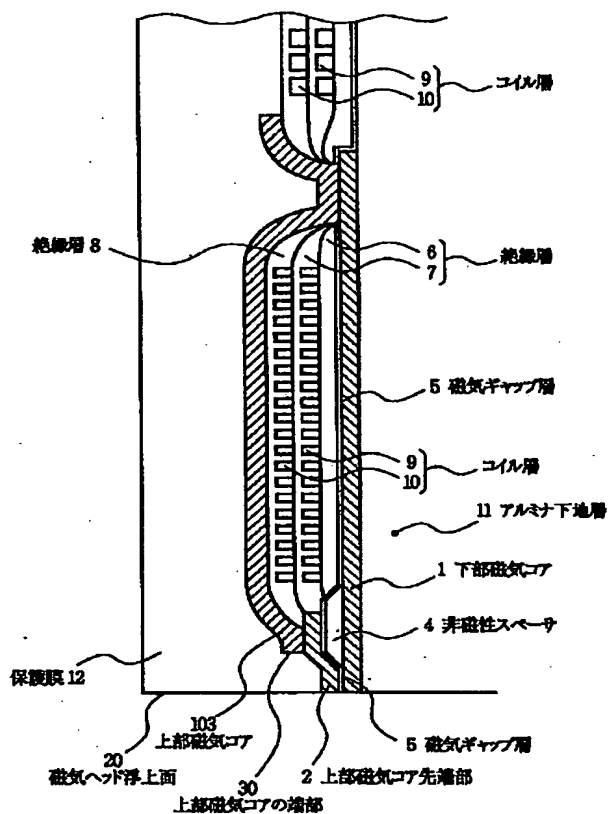
【符号の説明】

- |              |            |
|--------------|------------|
| 1            | 下部磁気コア     |
| 2            | 上部磁気コア先端部  |
| 3            | 上部磁気コア     |
| 4            | 非磁性スペーサ    |
| 5            | 磁気ギャップ層    |
| 6, 7, 8      | 絶縁層        |
| 9, 10        | コイル層       |
| 11, 110, 111 | アルミナ下地層    |
| 12           | 保護膜        |
| 20           | 磁気ヘッド浮上面   |
| 21           | スロート長さ     |
| 30           | 上部磁気コアの端部  |
| 31           | 下部磁気コア     |
| 32           | 下部磁気コア先端部  |
| 33           | 上部磁気コア先端部  |
| 34           | 上部磁気コア     |
| 40           | 凹部         |
| 41           | 非磁性スペーサの端部 |
| 50           | 接続部        |
| 60           | 絶縁層        |
| 70           | 3層目のコイル    |
| 101          | 下部磁気コア     |
| 102          | 上部磁気コア先端部  |
| 103          | 上部磁気コア     |
| 104          | 非磁性スペーサ    |
| 105          | 磁気ギャップ層    |

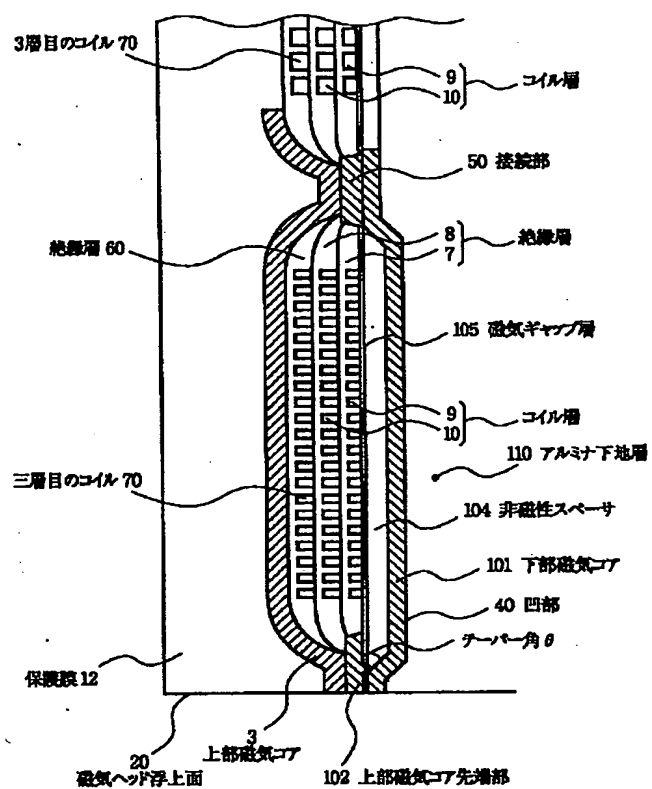
【図 1】



【図 2】



【図3】



【図4】

